

**Patent number:** JP4284627 (A)  
**Publication date:** 1992-10-09  
**Inventor(s):** FUSEN II CHIEN; FUUTAI RIYU; IISHIYAN RIN; GIRITSUSHIYU EI DEIKISUTO; CHIEECHIA UEI +  
**Applicant(s):** SGS THOMSON MICROELECTRONICS +  
**Classification:**  
- **international:** H01L21/28; C23C16/02; C23C16/20; H01L21/285; H01L21/3205; H01L21/768; H01L23/485; H01L23/532; C23C16/02; C23C16/18; H01L21/02; H01L21/70; H01L23/48; H01L23/52; (IPC1-7): H01L21/28; H01L21/285; H01L21/90  
- **europaean:** H01L21/768C3B; C23C16/02H2; C23C16/20; H01L21/285B4; H01L21/3205M; H01L21/768C4; H01L23/485; H01L23/532M1A4  
**Application number:** JP19910288148 19911102  
**Priority number(s):** US19900609883 19901105

## FORMATION OF METAL CONTACT

### Abstract of JP 4284627 (A)

**PURPOSE:** To provide a method for deposit a thin film layer 18 consisting of aluminum in order to form a contact of high quality on a semiconductor integrated circuit device. **CONSTITUTION:** All or some of deposition processes are executed by comparatively low deposition speed at a temperature allowing the improved surface migration of deposited aluminum atoms. Aluminum deposited under these conditions is inclined to fill a contact via 14 without forming a cavity. A low temperature deposition step can be started by depositing aluminum during the period of heating a wafer including the integrated circuit device from a low temperature in a deposition room.

特開平4-284627

(43) 公開日 平成4年(1992)10月9日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/28	3 0 1 R	7738-4M	
	21/285	3 0 1 L	7738-4M	
	21/90	A	7353-4M	
		C	7353-4M	

審査請求 未請求 請求項の数19(全 6 頁)

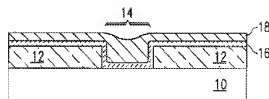
(21) 出願番号	特願平3-288148	(71) 出願人	591035151
(22) 出願日	平成3年(1991)11月2日		エスジーエーストムソン・マイクロエレクトロニクス・インコーポレイテッド
(31) 優先権主張番号	6 0 9 8 8 3		SGS-THOMSON MICROELECTRONICS, INCORPORATED
(32) 優先日	1990年11月5日		アメリカ合衆国、テキサス州、キャロルトン、エレクトロニクス・ドライブ 1310
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	フセ ン イー チェン
			アメリカ合衆国、テキサス 75287, ダラス、ミッドウエイ ロード 18175, ナンバー 227
		(74) 代理人	弁理士 小橋 一男 (外1名)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 メタルコンタクト形成方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 半導体集積回路装置における高品質のコンタクトを形成するためにアルミニウムの薄膜層18を付着する方法の提供。

【構成】 付着プロセスの全て又は幾つかは、付着したアルミニウム原子の改良した表面マイグレーションを可能とさせる温度において比較的低い付着速度において行なわれる。これらの条件下で付着されたアルミニウムは、空隙を形成することなしに、コンタクトピタ14を充填する傾向となる。低温付着ステップは、集積回路装置を包含するウエハが付着室内で低い温度から加熱される間に、アルミニウムを付着させることにより開始させることが可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 集積回路においてアルミニウム層を形成する方法において、約350℃以下の温度で集積回路を用意し、前記集積回路の温度を付着温度へ増加させ、前記温度増加ステップ期間中に前記集積回路上に螺旋的にアルミニウムを付着させる、上記各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1において、前記付着温度が約500℃以下であることを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1において、前記付着ステップが予め選択した付着速度で実施することを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項3において、前記予め選択した付着速度が、前記集積回路が前記付着温度に到達する前に第一の予め選択した速度へ変化させることを特徴とする方法。

【請求項5】 半導体集積回路においてアルミニウム層を付着する方法において、前記集積回路の温度を約500℃以下の予め選択した温度へ制御し、前記集積回路における低い領域を充填するために付着させたアルミニウムの表面でのマイグレーションを可能とするのに充分低い速度で前記集積回路上にアルミニウムを付着させる、上記各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項5において、前記予め選択した温度が約380℃と約500℃との間であることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項6において、前記予め選択した温度が約420℃と460℃との間であることを特徴とする方法。

【請求項8】 請求項7において、前記予め選択した温度が約450℃であることを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項5において、前記アルミニウムの付着速度が約100Å/秒以下であることを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項5において、前記アルミニウムの付着速度が、付着期間の開始期間中及び付着期間の終了期間中よりも付着期間の中間期間中においてより低いことを特徴とする方法。

【請求項11】 請求項10において、前記アルミニウムの付着速度が、付着期間の開始期間中及び付着期間の終了期間中よりも付着期間の中間期間中においてより低いことを特徴とする方法。

【請求項12】 請求項11において、前記付着速度が前記中間付着期間中約40Å/秒以下であり、且つ前記開始期間中及び終了期間中において約50Å/秒以上であることを特徴とする方法。

【請求項13】 請求項12において、前記終了期間中のアルミニウム付着速度が約100Å/秒以上であることを特徴とする方法。

【請求項14】 請求項5において、図3の選択領域内における速度でアルミニウムを付着させることを特徴と

する方法。

【請求項15】 集積回路においてアルミニウムコンタクトを形成する方法において、導電層の上に絶縁層を形成し、前記絶縁層を介して開口を形成して前記導電層の一部を露出させ、前記集積回路の温度を約350℃以下から約400℃と約500℃との間の予め選択した値へ上昇させ、前記温度上昇ステップ期間中に前記集積回路上に螺旋的にアルミニウムを付着させ、前記集積回路温度が前記予め選択した値に到達した後に前記集積回路上にアルミニウム層を所望の厚さに付着し、前記所望の厚さへの付着ステップ期間中にアルミニウムを付着する速度を制御して付着されたアルミニウムが前記開口内へマイグレートすることを可能としそれを実質的に完全に充填させる、上記各ステップを有することを特徴とする方法。

【請求項16】 請求項15において、前記傾斜ステップが、前記付着速度を約0.7×T-250Å/秒以下に維持し、尚Tが約400℃と約500℃との間であることを特徴とする方法。

【請求項17】 請求項15において、前記付着速度が、変化され、その一部が約50Å/秒よりも早く且つ別の一部が約50Å/秒よりも遅いことを特徴とする方法。

【請求項18】 請求項17において、前記付着ステップの最後の部分が約100Å/秒よりも早い付着速度で実施されることを特徴とする方法。

【請求項19】 請求項18において、第一付着部分が約60Å/秒よりも早い速度で実施され、且つ第二付着部分が約40Å/秒以下の速度で実施されることを特徴とする方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、大略、半導体集積回路に関するものであって、更に詳細には、改良したレパレル間コンタクトを形成するために集積回路内にメタル層を付着させる方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路においては、メタル相互接続層の形成は、これらの装置が適切に動作するために重要である。メタル（金属）相互接続信号ラインは、絶縁層内のビア（貫通孔又は導体）を介して集積回路の下側の導電層とコンタクト即ち接続する。集積回路が最良の動作をするためには、相互接続層を形成するために使用するメタル即ち金属は、完全にビア即ち貫通孔を充填することが必要である。

【0003】 その物理的な特性のために、アルミニウムは、集積回路におけるメタル相互接続ラインを、形成するために特に適したものである。しかしながら、集積回路に対してアルミニウムの薄膜層を付与するために使用されるスパッタリングプロセスは、通常、コンタクトビ

アの理想的な充填を与えるものではない。大きなアルミニウムのグレイン（粒界）が絶縁層の上表面上に形成する傾向がある。コンタクトビアの端部に形成されるこれらのグレインは、アルミニウムがビアを完全に充填する機会を有する前にそれを阻止する傾向がある。このことは、ビア内に空洞及び不均一な構成を発生させる結果となる。

【0004】集積回路装置はより小形の幾何学的形状を使用して製造されるので、この問題は特に厳しい。これらの装置において使用されるより小型のコンタクトは、より大型の幾何学的形状の装置よりもより大きなアスペクト比（即ち、高さ対幅の比）を有する傾向があり、そのことはアルミニウム充填問題を更に悪化させている。

【0005】上述したステップカバレッジ（段差被覆）問題によって発生されるビア即ち貫通孔内へ移行するアルミニウム層の不均一な厚さは、装置の機能性に対して悪影響を与える。該ビア内の空洞が十分に大きいと、接触抵抗が所望のものよりも著しく大きなものとなる場合がある。更に、アルミニウム層のより薄い領域は公知のエレクトロマイグレーション問題が発生する場合がある。このことは、コンタクトにおいて最終的に閉回路を発生させ該装置の障害を発生させる場合がある。より低い相互接続レベルに対し良好な金属コンタクトを確保するために多数の試みがなされている。例えば、ビア即ち貫通孔を介しての導通を改善させるために、アルミニウム相互接続層と関連して耐火性金属層が使用されている。又、ビア即ち貫通孔内の金属の充填を改善するために、傾斜したビア側壁が使用されている。装置寸法が小さくなるに従い、傾斜側壁を使用することは次第に一般的なものではなくなっている。なぜならば、そのような傾斜側壁はチップ上で多くの面積を使用するからである。

【0006】これらの技術であっても、アルミニウムでビアを完全に充填することの問題は解決されていない。その理由の一部は、アルミニウムが付着形成される温度は、かなり大きなグレイン寸法とさせる傾向があるからである。コンタクト即ち接触部における空洞及びその他の異常部が現在の技術における問題として存在している。

【0007】このビア充填問題を解消するために提案されている1つの技術は、500℃と550℃との間の温度でアルミニウム相互接続層を付着形成することである。これらの温度においては、アルミニウムの液状性が増加し、アルミニウムがビア内へ流れ込みビアを充填することを可能とする。この技術は、例えば、H. O. No et al., 著「平坦化Al-Siコンタクト充填技術の開発 (DEVELOPMENT OF A PLANARIZED Al-Si CONTACT FILLING TECHNOLOGY)」, 1990年6月, VNIITコンフェレンスプロシーディングス, 7

6-82頁の文献に記載されている。この文献は、500℃以下の温度及び550℃以上の温度では、コンタクトビアの金属充填が劣化することを記載している。しかしながら、このような技術は、大きなグレイン寸法によって発生される問題を解決するものではない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】コンタクトビアにおけるカバレッジを改善するために、集積回路上にアルミニウムの薄層を付着形成する技術を提供することが望まれている。更に、このような技術は現在のスタンダードな処理の流れと適合性があるものであることが望ましい。

【0009】本発明は、集積回路上にアルミニウムコンタクトを形成する方法を提供することを目的とする。本発明の別の目的とするところは、コンタクトビア内に形成される空洞の数を最小としながらコンタクトビアをアルミニウムで充填する方法を提供することである。本発明の更に別の目的とするところは、現在の処理技術と適合性のある方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、半導体集積回路装置内に改善した品質のコンタクトを形成するためにアルミニウム薄層を付着形成する方法が提供される。全ての又は幾つかの付着プロセスは、付着したアルミニウム原子の改善した表面マイグレーション（移動）を可能とする温度において比較的低い付着速度において行なわれる。これらの条件下において付着形成されたアルミニウムは、実質的に空洞を形成することなしにコンタクトビアを充填する傾向となる。この低温付着ステップは、集積回路装置を包含するウエハが付着室内のより低い温度から加熱される間に、アルミニウムを付着させることにより開始されることが可能である。

【0011】

【実施例】以下に説明する処理ステップ及び構成体は、集積回路を製造するための完全な処理の流れを形成するものではない。本発明は、当業者によって現在使用されている集積回路製造技術に関連して実施することが可能なものであり、従って、本発明を理解するために必要と思われる一般的に実施されている処理ステップのみが本明細書において説明されていることに注意すべきである。又、製造期間中の集積回路の断面を表わす断面は寸法通りのものではなく、本発明の重要な特徴を指示するために描かれていることに注意すべきである。

【0012】図1を参照すると、基板10に集積回路装置が形成されている。例えば、当該技術において公知な如くリソグラフィ又はその他の酸化層等の絶縁層12が基板10上に形成されている。層12は、典型的に、約6000乃至12000Åの程度の厚さを有している。コンタクトビア14は、当該技術において公知な如く、マスク及び等方性エッチング技術を使用して、酸

化物層12を貫通して形成されている。ビア即ち貫通孔14は、図1における基板10とコンタクト即ち接触するものとして示されているが、当該技術において熟知な如く、より低い相互接続層上に形成することも可能である。

【0013】例えば、耐火性金属、即ち耐火性金属窒化物、耐火性金属シリサイド又はそれらの組合せ等からなるバリア金属層16が、当該技術において熟知な如く、本装置の表面上に付着形成されている。層16は、比較的厚さが薄く、典型的には約500乃至2000Åの厚さであり、コンタクト開口14の底部及び側壁を被覆して意図的に付着されている。

【0014】図2を参照すると、アルミニウム層18が本装置の表面上に付着形成されている。アルミニウム層18が以下に説明する処理条件を使用して付着形成される場合には、層18は、図2に示した如く、ビア即ち貫通孔14内を実際の完全に充填する。このことが発生するのは、好適な処理条件が付着されたアルミニウム原子の表面グレーション即ち表面での移動を向上させるからであり、従ってビア14の底部におけるアルミニウム形成は、ビア14の側面近傍の酸化層12上のアルミニウム形成に対して優先的に行なわれる。このことは、ビア14内における高品質で再現性のあるコンタクトを形成することを確保し、ビア14の不完全な充填によって発生する問題を最小のものにさせている。

【0015】図3及び4は、改善したコンタクトを与えるために、アルミニウム層18の付着のための好適な条件を示している。図3におけるグラフ30は、付着温度(°C)の関数としての付着速度(Å/秒)を示している。好適な領域32は、400°Cと500°Cとの間に存在しており、最大付着速度は400°Cにおける約30Å/秒の速度から500°Cにおける100Å/秒の速度へ延在するラインの下側に存在している。アルミニウムをこの好適領域32内の条件で付着形成すると、その表面グレーション特性は、他の条件下で付着した金属と比較して向上されている。例えば、500°Cより高い温度でアルミニウムを付着形成すると大きなグレーションを形成する傾向とあり、従って前述した如く、コンタクト開口のブロッキングが発生する。付着速度が高すぎると、付着されたアルミニウムはビアを完全に充填するためにビア内に充分迅速に移移することは不可能である。従って、図3に示した領域32は、空洞や不均一な領域を形成することを最小としながら、付着したアルミニウムがコンタクトビア内に移動しビアを充填するほぼ好適な組合せの領域を示している。

【0016】本発明の技術的範囲を逸脱することなしに、図3に示した好適な領域から処理条件を多少変化させることが可能である。例えば、付着速度が高すぎない限り、温度を多少400°C以下とすることが可能である。温度が減少すると、付着させたアルミニウム原子の

移動度が低下し、従って付着速度が高すぎる場合にはビアの不完全な充填が発生する。

【0017】図4はアルミニウム相互接続層を形成することが可能な好適なプロセスを示している。これらのプロセスの全ては、多かれ少なかれ、好適領域32内で発生する処理を使用している。カーブ40、42、44、46の各々は、時間に関してのアルミニウム付着速度における変動を示している。各カーブ40-46は、本発明の概念を使用した夫々別の変形例としてのプロセスを示している。

【0018】図4に示した4つのプロセスの各々は、好適には、ほぼ同一の1組の初期条件を使用する。従来技術においては、典型的には350°C以下の比較的低い温度で小さなグレインのアルミニウムからなる非常に薄い層を付着形成し、次いでその付着プロセスを停止させることが一般的である。次いで、集積回路装置が形成されているウエハを、該ウエハを予熱したアルゴンガスの流れの中に配置させることにより、所望の付着温度、例えば500°C以上の温度へ予熱させる。ウエハが付着温度に到達すると、このように上昇させた温度においてアルミニウムの付着が再開される。

【0019】本発明技術においては、該装置が加熱されている間に該装置の上にアルミニウムが継続的に付着形成される。従って、ウエハが350°C又はそれ以下の温度にある間に該装置の上に少量のアルミニウムが付着される。ウエハが次第に所望の付着温度へ加熱され、一方アルミニウムの付着も継続して行なわれる。このことは、非常に小さなグレインサイズを有するアルミニウム層を付着形成し、そのことは後の処理段階におけるグレイン寸法成長を最小とさせる傾向となる。付着温度は400°Cと500°Cとの間であり、且つ、典型的には、約40秒で到達される。

【0020】図4は、4つの変形実施例としての付着技術に対する付着速度カーブを示している。図4における全てのカーブに対し、ウエハの初期温度は約350°Cであると仮定され、最終的な付着温度は450°Cである。ウエハを450°Cへ加熱するには約40秒かかる。当業者によって理解される如く、異なった付着温度を使用することも可能である。ウエハが所定の付着温度へ加熱されると、その温度は一定に維持される。

【0021】図4(a)におけるカーブ40は、アルミニウム層18を付着する全期間中付着速度が一定のままである場合の付着プロセスを示している。付着室内のウエハに対して最初に熱が付与されると付着が開始し、且つウエハが450°Cへ加熱され且つその温度に留まる間付着は継続して行なわれる。40Å/秒の付着速度において、800Åの厚さのアルミニウム層を形成するには、約200秒かかる。

【0022】図4(b)は別の付着プロセスを示しており、その場合、付着速度は最初の20秒間の間40Å/

秒で行なわれ、その後は60Å/秒の速度で行なわれる。温度は、40Å/秒における付着速度の期間中及び60Å/秒における最初の20秒の間は、450℃の点へ向かって上昇する。8000Åの層の場合には、処理カーブ42では、約140秒かかるアルミニウム層形成プロセスとなる。

【0023】カーブ44は、最初の付着速度が40Å/秒であり、20秒の後に80Å/秒へ増加されるプロセスを示している。アルミニウム層の厚さ全体のうちの約1/3を付着形成した後に、付着速度を30Å/秒へ変化する。この速度は、全体的な層の厚さの別の約1/3の付着に対して維持され、次いで付着速度は80Å/秒へ増加される。

【0024】カーブ44によって示されるプロセスは、8000Åの厚さのアルミニウム層を付着形成するのに約160秒かかる。これは、80Å/秒の各部分の間、及び30Å/秒の部分の間に2400Å付着形成することを仮定している。図4(c)のプロセスは、最初に早い付着速度でアルミニウムを付着し、次いで遅い付着速度の期間が続き、その際に付着されたアルミニウムはコンタクト開口内に移動する機会が与えられる。2400Åの付着を行なうために、30Å/秒の付着期間は、約80秒間続いて行なわれる。

【0025】図4(d)におけるカーブ46は、カーブ44と同一の態様で開始するが、より高い付着速度で終了する。プロセスの終り近くにおいてより早い付着速度とすることにより処理時間が節約されている。付着プロセスにおけるこの時点迄に、コンタクト開口は殆ど充填されており、且つピア内に空洞を発生する可能性は著しく低下されている。従って、好適な領域32の外側にあるような付着速度でアルミニウムを付着しても問題となることはない。

【0026】当業者によって理解される如く、図4に示したプロセスは単に例示的なものであって、制限的なものではない。その他の変形例も可能であることは勿論である。付着温度と付着速度との組み合わせは、特定のプロセスの条件及び個所に適合するように変化させることが可能である。例えば、大型のコンタクト開口のみが使用される場合には、空洞問題はそれほど重要ではないので、より早い付着速度とすることが可能である。カーブ44及び46によって示されるようなプロセスの場合には、各速度において1/3の厚さの付着に固執する必要はない。これらの速度及び時間は、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに、生産処理条件に適合すべく変換されることが可能である。

【0027】ウエハ温度を付着温度へランプアップ、即ち傾斜状に上昇させる間に、連続してアルミニウムを付着させることなしに好適な領域32内においてアルミニウムを付着させる技術を使用することも可能である。従来技術においてなされている如く、薄い層のアルミニウムは比較的低い温度、好適には350℃以下の温度で付着させることが可能である。次いで、付着を停止し、一方ウエハを400℃と500℃との間の温度とさせる。次いで、好適な領域32内の速度で付着を再開し、且つ上述した技術を使用して完了する。例えば、図4におけるカーブの何れかを使用することが可能であり、違いは、最初の40Å/秒の付着速度が省略される点である。

【0028】好適な領域32内の速度及び温度での付着と関連し、ウエハを加熱しながら連続的な層形成を行なうことにより、付着されたアルミニウムのグレイン寸法は小さなものとなり、且つピア即ち貫通孔の充填は非常に良好なものとなる。このことは、関与する温度及び付着速度において付着されたアルミニウム層の良好なエレクトロマイグレーション特性と、初期的に非常に小さなグレイン寸法はより小さな微細なグレイン寸法となり、ピアが完全に充填される前にピアをブロックする傾向はより少なくなるという事実とによって発生される。

【0029】以上、本発明の具体的実施の態様について詳細に説明したが、本発明は、これら具体例にのみ限定されるべきものではなく、本発明の技術的範囲を逸脱することなしに、種々の変形が可能であることは勿論である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に基づくメタルコンタクトの形成方法における一段階を示した概略断面図。

【図2】 本発明の一実施例に基づくメタルコンタクトの形成方法における一段階を示した概略断面図。

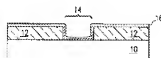
【図3】 アルミニウムコンタクトを形成するための好適な処理条件を示した概略図。

【図4】 (a)乃至(d)は、本発明に基づくコンタクトを形成する付着速度に関する幾つかの変形例を示した概略図。

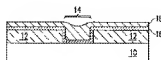
#### 【符号の説明】

- 10 基板
- 12 絶縁層
- 14 コンタクトピア
- 16 バリメタル層
- 18 アルミニウム層

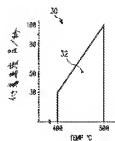
【図1】



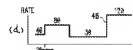
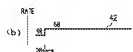
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (72)発明者 フータイ リユ  
アメリカ合衆国、テキサス 75010,  
カーロルトン、ランスダウン ドライブ  
2027
- (72)発明者 イーシヤン リン  
アメリカ合衆国、テキサス 75010,  
カーロルトン、ラークスバー ドライブ  
2041

- (72)発明者 ギリツシユ エイ、デイキスト  
アメリカ合衆国、テキサス 75287,  
ダラス、ミッドウエイ ロード 18175,  
ナンバー 159
- (72)発明者 チェーチア ウエイ  
アメリカ合衆国、テキサス 75093,  
プラノ、パデュー サークル 4313